

Resistensförädling av höst- och vårraps i Sverige

Resistance breeding in winter and spring oilseed rape in Sweden

Emil Larsson



Foto: Emil Larsson

Institutionen för växtproduktionsekologi
Självständigt arbete • 15 hp • Grundnivå • G2E
Agronomprogrammet - inriktning mark/växt 270 p
Uppsala 2017

Resistensförädling av höst- och vårraps i Sverige

Resistance breeding in winter and spring oilseed rape in Sweden

Emil Larsson

Handledare: Anneli Lundkvist, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi

Examinator: Robert Glinwood, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi

Kurskod: EX0689

Program/utbildning: Agronomprogrammet – inriktning mark/växt

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Omslagsbild: Emil Larsson

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: *Brassica napus*, förädling, korsningar, resistens, svampsjukdomar.

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturbruksresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för växtproduktionsekologi

Till minne av Ingrid Happstadius

Vid sammanslagningen av W Weibull AB och Svalöf AB år 1993 fick Ingrid Happstadius ansvaret för resistensförädling av oljeväxter i det nya företaget Svalöf Weibull AB. Hon bidrog till framställningen av sjukdomsresistenta sorter som kunde användas av lantbrukare men också med resistent växtmaterial för vidare forskning inom resistensförädlingen.

Med sin forskningsinsats inom resistensförädlingen av oljeväxter vid Svalöf Weibull AB, bidrog Ingrid Happstadius också till stor del av materialet som använts till denna litteraturstudie vilket har gett mig en fördjupad kunskap i och förståelse för ämnet.

Jag vet faktiskt inte mycket om vem Ingrid var som person då jag aldrig fick möjligheten att träffa henne, fastän jag väldigt gärna hade velat. Genom denna litteraturstudie vill jag dock föra minnet vidare av Ingrid Happstadius och hennes arbetsinsatser inom detta viktiga område.

Sammanfattning

I denna litteraturstudie har en genomgång gjorts av viktiga svampsjukdomar i svensk rapsodling och hur resistensförädlingen av raps (*Brassica napus* L.) har bedrivits i Sverige och internationellt. Syftet var att få mer kunskap om svampsjukdomarna, om hur resistensförädling bedrivs, varifrån man hämtar resistent egenskaper samt vilka sjukdomar man vill att de nya sorterna ska vara resistent mot. Inom svensk förädling av raps har man använt sig av metoder som korsningsförädling och upprepade urval för att ta fram sorter med önskvärda egenskaper. Korsningar har gjorts med andra arter från släktet *Brassica* spp. Arter som ingår i släktet *Brassica* spp. är bl.a. raps (*Brassica napus* L.), rybs (*Brassica rapa* L.), kål (*Brassica oleraceae* L.), etiopisk kål (*Brassica carinata* A. Braun), svartsenap (*Brassica nigra* L.) och sareptasenap (*Brassica juncea* L.). Växtförädlingsföretaget W. Weibull AB startade ett projekt år 1985 med målet att få fram resistent sorter av höst- och vårraps. År 1993 gick företaget Svalöf AB ihop med W. Weibull AB och bildade Svalöf Weibull AB. Förädlingsarbetet inriktade sig på att få resistent sorter mot fyra svampsjukdomar: bomullsmögel (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.), kransmögel (*Verticillium dahliae* Kleb.), torröta (*Phoma lingam* (Tode ex Schw.) Desm.) och klumprotsjuka (*Plasmodiophora brassicae* Woronin.). I förädlingsarbetet för resistens mot bomullsmögel använde man sig av japanska höstrapsorter för att föra över resistensgener till svensk vårraps. En viss förbättring av resistensnivån erhöles då hos vårraps. Förädling för resistens mot kransmögel gick bra då man fick fram resistent sorter med låga halter av erukasyra och glukosinolater, men de gav dessvärre inte så hög avkastning. Förädling och framtagning av resistent sorter mot torröta lyckades med hjälp av sexuella hybrider mellan vårraps, sareptasenap och etiopisk kål. Även rapssorter med både rasspecifik resistens och bred resistens mot klumprotsjuka fick man fram i förädlingsarbetet. De rasspecifika sorterna var dock inte tillräckligt bra på lång sikt och blev så småningom angripna av klumprotsjuka. År 2008 bildades Lantmännen SW Seed AB och år 2009 startade de ett förädlingsprogram för höstraps tillsammans med det franska företaget Florimond Desprez och det engelska företaget Elsoms Seeds. I detta förädlingsprogram fick man fram sorten Mascara år 2013 som har god motståndskraft mot kransmögel och torröta. År 2014 köpte företaget Syngenta den del av förädlingsprogrammet som berörde höstraps. Inom Lantmännen SW Seed AB arbetar man numera enbart med förädling av vårraps rörande bland annat resistens mot klumprotsjuka. Resistent sorter mot kransmögel, torröta och klumprotsjuka finns nu tillgängliga på marknaden.

Nyckelord: *Brassica napus* L., förädling, korsningar, resistens, svampsjukdomar

Abstract

A literature review was made to study how breeding for resistance against fungal diseases in oilseed rape (*Brassica napus* L.) has been performed in Sweden. The purpose of this study was to understand how breeding for resistance is carried out, where resistant plant material has been found and which pathogens the new varieties are resistant against. In Swedish plant breeding for disease resistance a series of methods have been used like cross-breeding and repeated selection to develop varieties with desirable abilities. Cross-breeding has been made with other species from *Brassica* spp. Species that are included in the genus of *Brassica* spp. are for example rapeseed (*Brassica napus* L.), turnip rape (*Brassica rapa* L.), cabbage (*Brassica oleracea* L.), Ethiopian kale (*Brassica carinata* A. Braun), black mustard (*Brassica nigra* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.). The plant breeding company W. Weibull AB started a project in 1985 with the goal to develop resistant varieties of winter and spring rapeseed. In 1993 the company Svalöf AB merged with W. Weibull AB and Svalöf Weibull AB was created. They had a project which focused on developing resistant varieties of rapeseed against four fungal diseases: white mold (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.), verticillium wilt (*Verticillium dahlia* Kleb.), dry rot (*Phoma lingam* (Tode ex Schw.) Desm.) and club root (*Plasmodiophora brassicae* Woronin.). In the work of breeding for resistance against white mold, Japanese varieties of winter oilseed rape was used to transfer resistance genes to Swedish spring oilseed rape. A slight improvement of the resistance was obtained in spring oilseed rape. The breeding for resistance against verticillium wilt went rather well because resistant species was developed with low amount of erucic acid and glucosinolate but unfortunately they didn't give such a high yield. The development of resistant varieties against dry rot was successful thanks to sexual hybrids between spring oilseed rape, Indian mustard and Ethiopian kale. Varieties of oilseed rape with both race-specific resistance and broad resistance against club root was developed through cross-breeding. Unfortunately, the race-specific resistant varieties were not strong enough in the long term and they eventually became infected by club root. In 2008, the company Lantmännen SW Seed AB was created and in 2009 they started a breeding programme for winter oilseed rape together with the French company Florimond Desprez and the English company Elsoms Seeds. In this breeding programme, the variety Mascara was developed in 2013 which has good resistance against verticillium wilt and dry rot. In 2014, the company Syngenta bought the breeding programme for winter oilseed rape. Lantmännen SW Seed AB is now only working with cross-breeding of spring oilseed rape for resistance against club root among other things. Resistant varieties against verticillium wilt, dry rot and club root are now available on the market.

Keywords: *Brassica napus* L., cross breeding, fungal diseases, refining, resistance

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	4
Figurförteckning	5
1 Introduktion	7
2 Material och metod	10
3 Litteraturstudie	11
3.1 Svampsjukdomar i raps	11
3.1.1 Bomullsmögel (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary.)	11
3.1.2 Kransmögel (<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.)	12
3.1.3 Torröta (<i>Phoma lingam</i> (Tode ex Schw.) Desm.	13
3.1.4 Klumprotsjuka (<i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin.)	14
3.2 Metoder för resistensförädling	15
3.2.1 Korsningsförädling och återkorsningar	15
3.2.2 Genmodifiering (GM)	16
3.2.3 Molekylär markörteknik	16
3.2.4 CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats)	17
3.3 Resistensförädling internationellt	17
3.3.1 Torröta och kransmögel	17
3.3.2 Klumprotsjuka	18
3.3.3 Bomullsmögel	18
3.4 Resistensförädling i Sverige	18
3.4.1 Korsningsmetodik	19
3.4.2 Bomullsmögel	19
3.4.3 Kransmögel	20
3.4.4 Torröta	21
3.4.5 Klumprotsjuka	26
3.4.6 Sammanfattning av resultat från perioden 1985-2000	28
3.4.7 Svensk resistensförädling efter år 2000	29
4 Diskussion och slutsatser	31
5 Tack	34
6 Referenslista	35
6.1 Böcker, faktablad och tidsskriftartiklar	35
6.2 Internet	36

Tabellförteckning

- Tabell 1. Resistenstest av 8 höstrapslinjer med både rasspecifik och bred resistens i fält med naturlig förekommande smitta av klumprotsjuka år 1994. Mätare: Ceres, Libraska (Happstadius, 2008, s. 25). 27
- Tabell 2. Resistenstest av åtta vårrapslinjer med rasspecifik resistens i fält med naturlig förekommande smitta av klumprotsjuka år 1994. Mätare: Paroll och Sponsor (Happstadius, 2008, s. 25). 28

Figurförteckning

- Figur 1. "Triangle of U" visar förhållandet mellan sex olika arter av släktet *Brassica* spp. Dessa är *Brassica nigra* L. (svartsenap), *Brassica carinata* A. Braun. (etiopisk kål), *Brassica juncea* L. (sareptasenap), *Brassica oleracea* L. (kål), *Brassica napus* L. (raps) och *Brassica rapa* L. (rybs) (Nagaharu 1935). Bokstäverna A, B och C betecknar genomen hos arterna och siffrorna betecknar antalet kromosomer hos dem. Pilarna visar hur de olika diploida arterna har bildat nya arter. 8
- Figur 2. Bomullsmögel. (a) Bomullsliknande mycel på stjälken med små svarta prickar, som är sklerotier (foto: Peder Waern, 2007) (Jordbruksverket, 2015a). (b) Apothecier som liknar små orangebruna svampar (foto: Karl-Arne Hedene) (Jordbruksverket, 2015b). 12
- Figur 3. Kransmögel. (a) Infekterade plantor som fått ena sidan av stjälken bronsfärgad (foto: Louis Vimarlund) (Jordbruksverket, 2015c). (b) Yttersta lagret av stjälken är strimlad och mikrosklerotier syns som små svarta prickar (foto: Ingvar Björkman) (Jordbruksverket, 2015d). 13
- Figur 4. Torröta. Stjälk hos rapsplanta som blivit angripen av torröta. Små svarta prickar syns i det brunfärgade området som är pyknider och innehåller asexuella sporer (foto: Peder Waern, 2007) (Jordbruksverket, 2015e). 14
- Figur 5. Klumprotsjuka. (a) Vårrapsfält där plantor blivit angripna av klumprotsjuka och börjat brådmogna (foto: Peder Waern) (Jordbruksverket, 2015f). (b) Rapsplantor angripna av klumprotsjuka med förtjockningar på rötterna (foto: Peder Waern) (Jordbruksverket, 2015g). 15
- Figur 6. (a) Resistenstest för vissnesjuka hos 12 höstrapslinjer från korsningar med enkellägt material år 1992. Mätare: (Libraska, Ceres och Liropa). Angrepp av vissnesjuka visas i relativa tal där angrepp på mätarsorterna i genomsnitt = 100. (b) Avkastningsförsök hos tolv höstrapslinjer från korsningar med enkellägt material år 1992. Mätare: (Libraska, Ceres och Liropa). Avkastningsnivå visas i relativa tal där avkastningen för mätarsorterna = 100. (1) signifikansnivån är 5 % mot medeltalet av mätarna. (2) signifikansnivån är 5 % mot medeltalet av samtliga linjer. Figuren är baserade på data från tabell 3 i rapporten "Resistensförädling i oljeväxter" (Happstadius, 2008, s. 10). 23
- Figur 7. (a) Resistenstest i fält för vissnesjuka hos höstrapslinjer från korsningarna 1031/1032 och 1031/1036 år 1993. Mätare: Ceres. Angrepp av vissnesjuka visas i relativa tal där Ceres angrepp är 55 % = 100. Angreppen av vissnesjuka i fälttestet orsakades av både kransmögel och torröta. Angreppsnivån hade kanske inte varit lika stark om bara kransmögel orsakat det. (b) Avkastningsförsök hos höstrapslinjer från korsningarna 1031/1032 och 1031/1036 år 1993. Mätare: Ceres, (fröavkastning: 4851 kg/ha = rel.tal = 100 och råfettavkastning = rel.tal = 100.) Figuren är baserade på data från tabell 5 i rapporten "Resistensförädling i oljeväxter" (Happstadius, 2008, ss. 11). 24

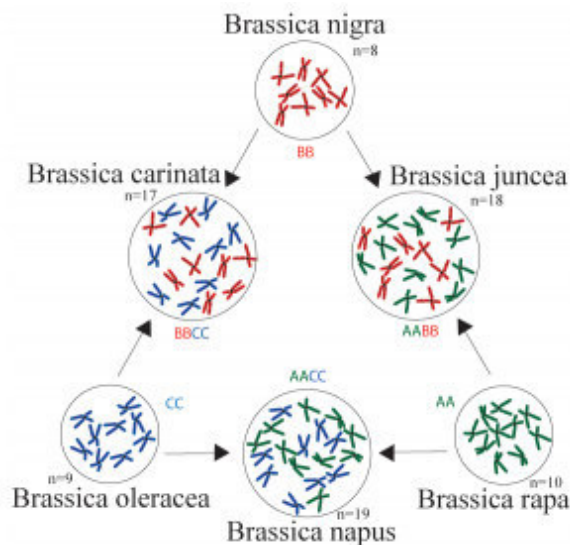
Figur 8. (a) Resistenstag för torröta hos somatiska hybrider mellan vårraps och de tre resistenta sorterna sareptasenap, etiopisk kål och svartsenap år 1991, 1992 och 1993. (b) Resistenstag för torröta hos sexuella hybrider mellan vårraps och de två resistenta sorterna sareptasenap och etiopisk kål år 1992 och 1993. Ingen gradering av resistens kunde göras 1992 på hjärtbladen för att de ramlade av för tidigt. Figurerna är baserade på data från tabell 14 i rapporten "Resistensförädling i oljeväxter" (Happstadius, 2008, s. 20).

25

1 Introduktion

Oljeväxtodling har förekommit sedan en lång tid tillbaka i södra och mellersta Sverige. Grödan odlas för dess innehåll av olja och fibrer vilket används för produktion av bland annat olika livsmedelsprodukter, djurfoder och bränsle till fordon med dieselmotorer. Oljeväxter som odlas i Sverige är främst raps, rybs och oljelin (Fogelfors, 2001a). Höstraps odlas i de södra och mellersta delarna av Sverige, främst i Götaland och södra Svealand medan vårraps odlas mer i norra Götaland och Svealand på försommartorra områden. Höstrybs odlas vanligtvis upp mot Mälardalen medan vårrybs odlas mer i de västra delarna av Götaland och Svealand p.g.a. sin känslighet för försommartorka. Oljelin odlas främst i de södra och västra delarna av Götaland och Svealand och har sin odlingsgräns vid södra Dalarna, eftersom den kräver mycket värme under vegetationsperioden för att mogna (Fogelfors, 2001a). Under de senaste åren har odlingen av framförallt höstraps ökat både i de områden där den vanligtvis odlas men även i områden i Mellansverige där det tidigare inte förekommit så mycket höstrapsodling. Anledningen är ökad efterfrågan på rapsfrövara, förbättrade odlingskunskaper och odlingsteknik samt nya höstrapssorter. Förr var det exempelvis mer vanligt att höstrybs odlades längre norrut jämfört med höstraps. Det berodde på att tillväxtpunkten hos höstrybs ligger närmare markytan än hos höstraps vilket gör att höstrybs har bättre möjligheter att överleva vintern. Nu finns det hybridsorter av höstraps med förbättrade egenskaper för övervintring på marknaden. Avkastning för höst- och vårraps varierar både mellan olika platser i Sverige och från år till år. Det beror bland annat på väder, odlingsmiljöer, förekomst av skadegörare m.m. (Fogelfors, 2001a; Roland, 2011). Den genomsnittliga avkastningen för höst- och vårraps i Sverige under perioden 2005-2014 var cirka 3 316 kg/ha respektive 1 860 kg/ha (Statistiska centralbyrån, 2015). Vissa år kan förekomst av olika svampsjukdomar orsaka stor skada vilket leder till lägre skördar och sämre kvalitet på fröråvaran. Det finns odlingstekniska åtgärder man kan vidta för att minska skadeangreppen som exempelvis att spruta med fungicider och använda en bra växtföljd. I och med att efterfrågan på rapsfrövara ökar så blir odlingen av raps mer intensiv i växtföljden. Mer

effektiva odlingstekniska åtgärder och fungicider krävs då. Dessvärre är det inte alltid som dessa metoder funkar tillräckligt effektivt. Användningen av kemiska bekämpningsmedel kan dessutom vara negativ ur både ekonomisk och miljömässig synpunkt då de ger möjlighet för patogenerna att anpassa sig och bli resistenta ju mer man använder sig av det. Detta har gjort att man inom lantbruksnäringen har satsat alltmer resurser på resistensförädlingen av oljeväxter och då främst inom höst- och vårraps. En viktig sak att tänka på är att inte bara förlita sig på resistenta sorter, eftersom patogenerna får möjlighet att bryta resistensen snabbare. Det bästa man kan göra är att använda en bekämpningsstrategi där man kombinerar resistenta sorter med fungicidanvändning och icke kemiska odlingsåtgärder för att minska risken för patogeners utveckling av resistens. Inom resistensförädlingen har man fokuserat på att förbättra både höst- och vårrapsens egenskaper att stå emot svampsjukdomar och nyckeln till det ligger i den genetiska variationen som finns i rapsortmaterialet. I Figur 1 ("Triangle of U") beskrivs hur arter av släktet *Brassica* spp. genetiskt förhåller sig till varandra (NIAB Innovation Farm, 2013). Man har även gjort korsningar med arter inom släktet *Brassica* spp. för att föra in nya resistensgener och på så vis öka den genetiska diversiteten. De nya plantorna odlas fram och upprepade urval görs för att få fram sorter med önskvärda egenskaper (Fogelfors, 2001a; NIAB Innovation Farm, 2013).



Figur 1. "Triangle of U" visar förhållandet mellan sex olika arter av släktet *Brassica* spp. Dessa är *Brassica nigra* L. (svartsenap), *Brassica carinata* A. Braun. (etiopisk kål), *Brassica juncea* L. (sareptasenap), *Brassica oleracea* L. (kål), *Brassica napus* L. (raps) och *Brassica rapa* L. (rybs) (Nagaharu 1935). Bokstäverna A, B och C betecknar genomen hos arterna och siffrorna betecknar antalet kromosomer hos dem. Pilarna visar hur de olika diploida arterna har bildat nya arter.

Syftet med denna uppsats är att ta reda på vilka svampsjukdomar som är viktiga i rapsodlingen, hur resistensförädling av höst- och vårraps går till samt hur förädlingsarbetet har bedrivits i Sverige. Denna kartläggning ska ge mer kunskap om vilka svampsjukdomar som är mest problematiska och som bör prioriteras inom resistensförädlingen i framtiden.

2 Material och metod

Uppsatsen innefattar en litteraturstudie om viktiga svampsjukdomar i rapsodlingen, om resistensförädling av höst- och vårraps samt hur förädlingsarbetet har bedrivits i Sverige. För insamling av material har SLU bibliotekets tillgängliga databaser utnyttjats såsom Primo, Web of Science och Google Scholar. Sökord som ”resistance breeding” och ”rapeseed” har använts för att hitta relevanta tidsskrifter. Litteraturstudien är främst baserad på utgivna rapporter, böcker och vetenskapliga artiklar men även internetsidor med säkra källor har använts. Det mesta om den svenska resistensförädlingen kommer från rapporten ”Resistensförädling i oljeväxter” som hämtats från kunskapsbanken på Svensk Raps hemsida. Vidare har telefonkontakter tagits med Albin Gunnarsson, agronom, Sveriges Frö-och Oljeväxtodlare, och Maria Kaliff, gruppleddare för Olje/Foder-avdelningen på Lantmännen Lantbruks förädlingsstation, för information om hur resistensförädlingen bedrivs idag och vilka sorter man har tagit fram från förädlingsarbetet.

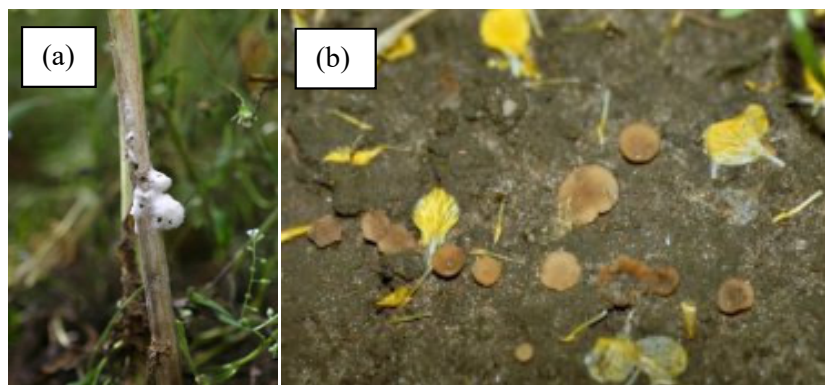
3 Litteraturstudie

3.1 Svampsjukdomar i raps

Nedan följer en beskrivning av de fyra vanligaste svampsjukdomarna i höst- och vårraps.

3.1.1 Bomullsmögel (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.)

Bomullsmögel (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.) är en svampsjukdom som förekommer i stora delar av världen. Den orsakar skördeförluster i bl.a. oljeväxter, bönor, solrosor och sallat (Twengström, 1999). Ett stort antal växtarter fungerar som värdväxt för svampen och till dessa hör många av de vanligaste ogräsen som baldersbrå och målla. I Sverige orsakar bomullsmögel skördeförluster i oljeväxtodlingar (höstraps, vårraps, solrosor) i synnerhet under år med varma, fuktiga vårar och nederbördsrika somrar (Leino, 2006). Plantorna brådmognar vilket gör att inlagringen i fröet och oljehalten blir lägre. Vidare orsakar den ojämna mognaden att klorofyllhalten i fröskörden blir högre (Twengström, 1999). De första symptomen på bomullsmögel kommer på blomblad eller på bladens fäste i form av en ljusbrun missfärgning. Svampen sprider sig sedan till stjälken och orsakar brådmognad hos plantorna genom att tillförseln av vatten och näring försämras. Så småningom bildas små svarta sklerotier i stjälken som är svampens vilkroppar. Vid mycket fuktigt väder kan dessa sklerotier och mycel bildas utanpå stjälken i form av bomullsliknande tussar (Figur 2a). Senare under säsongen faller sklerotierna till marken och kan ligga vilande upp till tio år. Om marken är fuktig och varm året därpå så bildas apothecier från sklerotierna vilka liknar små orangebruna svampar på markytan (Figur 2b). Apothecierna bildar ascosporer som sprids med vinden och om vädret är fuktigt och rapsplantor finns tillgängliga så infekterar sporererna dessa vid blombladen (Leino, 2006; Twengström, 1999).



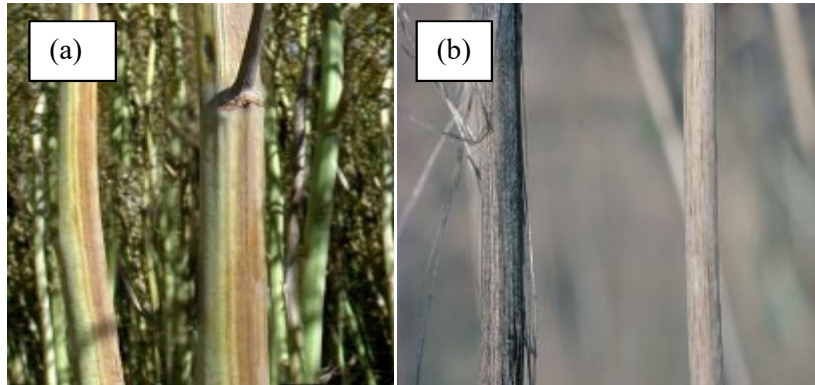
Figur 2. Bomullsmögel. (a) Bomullsliknande mycel på stjälken med små svarta prickar, som är sklerotier (foto: Peder Waern, 2007) (Jordbruksverket, 2015a). (b) Apothecier som liknar små orangebruna svampar (foto: Karl-Arne Hedene) (Jordbruksverket, 2015b).

För att minska risken för angrepp av bomullsmögel bör oljeväxter inte odlas oftare än vart femte år. Bestånden bör inte vara alltför täta och spillraps och känsliga ogräsarter bör bekämpas. I våroljeväxter finns en riskvärdering för bekämpnings-trösklar medan detta saknas för höstoljeväxter. Bäst bekämpningseffekt erhålls när våroljeväxterna är i full blomning, dock senast när de första skidorna börjar matas (Jordbruksverket, 2015a).

3.1.2 Kransmögel (*Verticillium dahliae* Kleb.)

Kransmögel (*Verticillium dahliae* Kleb.) är en svamp som orsakar vissnesjuka hos oljeväxter i bl.a. Sverige, Danmark, Tyskland och Frankrike. Svampen är också en allvarlig skadegörare i potatis, bomull och tomat i USA, Ryssland och Afrika (Twengström, 1999). I Sverige finns den framförallt i Skåne och västra Östergötland. Angreppen leder till brådmognad och dålig frösättning hos plantorna (Leino, 2006). Många av de vanligaste ogräsen infekteras också såsom baldersbrå, målla, lomme och kamomill m.m. (Atterwall, 1994). Kransmögel kan lätt förväxlas med andra skadegörare som också orsakar vissnesjuka t.ex. bomullsmögel och torröta. Speciellt torröta som förekommer gärna på plantor med kransmögel (Leino, 2006; Atterwall, 1994). De första symptomen hittas på de nedersta bladen och rötterna. Bladen får en missfärgning på ena sidan medan den andra är oberörd och rötterna blir svartfärgade. Svampen sprider sig via plantans kärl och infekterar sidogrenar och så småningom hela stjälken. Senare under plantans utveckling blir ena sidan av stjälken gul som senare går över till en bronsliknande färg p.g.a. hämmad transport av vatten i kärlet och svampens produktion av giftiga substanser (Figur 3a). Infekterade delar av plantan vissnar och dör till slut. Svampen börjar bilda mikrosklerotier, som kan ses som en gråaktig färg på stjälken. Det yttersta lagret av stjälken delas sedan upp i strimlor och mikrosklerotierna syns som små svarta

prickar som sitter tätt (Figur 3b). Svampen kan överleva i marken upp till 15 år i form av mikrosklerotier eller som mycel på växtrester. Vid gynnsamma förhållanden börjar mikrosklerotier gro hyfer som infekterar plantornas rötter (Leino, 2006; Atterwall, 1994). Det finns inga effektiva fungicider mot kransmögel. För att minska angreppen av vissnesjuka bör oljevaxter därför inte odlas oftare än vart femte år, växtrester bör plöjas ned och motståndskraftiga sorter odlas.



Figur 3. Kransmögel. (a) Infekterade plantor som fått ena sidan av stjälken bronsfärgad (foto: Louis Vimarlund) (Jordbruksverket, 2015c). (b) Yttersta lagret av stjälken är strimlad och mikrosklerotier syns som små svarta prickar (foto: Ingvar Björkman) (Jordbruksverket, 2015d).

3.1.3 Torröta (*Phoma lingam* (Tode ex Schw.) Desm.)

Svampen torröta (*Phoma lingam* (Tode ex Schw.) Desm.) orsakar vissnesjuka, precis som kransmögel, hos både höst- och vårraps men de allvarligaste skadorna uppkommer hos höstraps (Kuusk & Dixelius, 2010). Sjukdomen förekommer mest i Skåne men även i norra Götaland och Mälardalen (Leino, 2006). Internationellt förekommer svampen i alla delar av världen och utgör en besvärlig skadegörare i England, Tyskland, Frankrike, Kanada och Australien. Svampen orsakar brådmognad, liggbildning och vid allvarliga angrepp bryts stjälken och plantorna välter (Kuusk & Dixelius, 2010). De första synliga symptomen är att bladen får ljusgråa fläckar med gula kanter och i mitten av fläckarna sitter små svarta prickar. Dessa kallas pyknider och är svampens sporkroppar som innehåller asexuella sporer (Figur 4). Dessa sporer sprider sig inom fältet med vind och regnstänk. Under hösten eller våren sprider sig svampen inuti plantan och liknande fläckar med pyknider uppkommer på stjälken (Leino, 2006; Kuusk & Dixelius, 2010). Senare under odlingssäsongen blir fläckarna på stjälken mer mörkgråa och får tydliga mörka kanter (Leino, 2006). Vid skörd kan de allvarligaste skadorna uppträda om svampen sprider sig ned till rothalsen och orsakar rothalsröta. Rötan kan försämra vatten- och näringstransporten hos plantan och få den att knäckas och falla omkull.



Figur 4. Torröta. Stjälk hos rapsplanta som blivit angripen av torröta. Små svarta prickar syns i det brunfärgade området som är pyknider och innehåller asexuella sporer (foto: Peder Waern, 2007) (Jordbruksverket, 2015e).

På skörderesterna bildar svampen pseudothecier som också är sporkroppar men innehåller istället sexuella sporer. Dessa sporer sprids med vinden och kan förflyttas flera kilometer till andra rapsfält. Vid hög luftfuktighet och temperaturer vid 16-20°C riskerar rapsplantor att bli infekterade. De vanligaste angreppen uppkommer dock vid skador hos plantor, som gnagskador från insekter eller frostska-dor. Torröta förekommer ofta tillsammans med kransmögel (Leino, 2006; Kuusk & Dixelius, 2010). Torröta angriper även andra korsblommiga växter t.ex. kål och rybs. Skadeangreppen har hittills inte varit så allvarliga i Sverige, vilket kan bero på att bladen oftast faller av plantorna innan svampen hinner sprida sig och rothalsröta uppkommer sällan (Leino, 2006). Angreppen kan dock bli värre om mer virulenta sorter av torröta utvecklas (Leino, 2006; Kuusk & Dixelius, 2010). För att minska angreppen bör infekterade skörderester plöjas ned och motståndskraf-tiga sorter användas. Kemisk bekämpning kan utföras vid 6-8 blad på hösten i höstraps men för att motivera bekämpning bör angreppen vara kraftiga (Jordbruksverket, 2015ab).

3.1.4 Klumprotsjuka (*Plasmodiophora brassicae* Woronin.)

Klumprotsjuka (*Plasmodiophora brassicae* Woronin.) är den internationellt eko-nomiskt mest betydelsefulla sjukdomen som angriper odlade korsblommiga växter (Wallenhammar, 1997). Exempelvis anses raps, rybs, kålrötter, kål, rädisa vara mottagliga och även ogräsarter som åkersenap, lomme och penningört. Klumprot-sjuka är en jordbunden svampsjukdom som angriper växterna genom zoosporer. Infektionen är gynnsam vid temperaturer på 20-25°C och hög luftfuktighet. Zoosporerna tränger sig in i rötternas rothår och bildar fler zoosporer, som orsakar förtjockningar på rötterna. Plantorna får problem att suga upp vatten. Tillväxten blir hämmad och detta leder till brådmognad (Figur 5a), lägre fröskörd och sämre kvalitet på fröna. I förtjockningarna börjar svampen bilda vilsporer, som sprids i marken när rötterna bryts ner (Figur 5b) (Leino, 2006; Wallenhammar, 1997).



Figur 5. Klumprotsjuka. (a) Vårapsfält där planter blivit angripna av klumprotsjuka och börjat brådmogna (foto: Peder Waern) (Jordbruksverket, 2015f). (b) Rapsplanter angripna av klumprotsjuka med förtjockningar på rötterna (foto: Peder Waern) (Jordbruksverket, 2015g).

När vilsporerna kommer i närheten av rötter hos korsblommiga växter, t.ex. raps, kålrot, rova, lomme, penningört m.m., så stimuleras de att gro och bildar zoosporer (Leino, 2006; Wallenhammar, 2012). Tack vare sina vilsporor kan svampen överleva i marken under 15-20 år (Leino, 2006). Det är då inte tillräckligt att hålla en god växtföljd om smittan redan finns där och några effektiva bekämpningsmedel finns inte. Förebyggande åtgärder som att hålla nere ogräsmängden och höja pH i marken genom kalkning kan behövas också, men det är inte alltid det blir tillräckligt effektivt (Wallenhammar, 1997, 2014; Wikström, 2014).

3.2 Metoder för resistensförädling

3.2.1 Korsningsförädling och återkorsningar

Resistensförädling av raps har pågått under en längre tid på olika håll i världen. Den grundläggande strategin som förädlingsföretag använt sig av och fortfarande gör är att öka den genetiska diversiteten i både höstraps- och vårrapsmaterial genom korsningsförädling och återkorsningar med arter inom *Brassica* spp. Detta för att förbättra bland annat fröavkastning, frökvalitet och resistent egenskaper. Även i Sverige har korsningsförädling och återkorsningar varit den vanligast använda metoden för resistensförädling i höst- och vårraps. Korsningsförädling går till så att man blandar gener från olika växter som har de egenskaper man är intresserad av. Detta görs genom att man ser till att pollen från den ena plantan befruktar äggcellen från andra plantan och fröna som bildas får då egenskaper från båda plantorna (Grimberg, 2014; Klug m.fl., 2009). Problemet är dock sådana att korsningar inte alltid är fullt så effektiva och önskvärda egenskaper kanske inte uttrycks så starkt som man hoppas. De framkorsade plantorna kanske t.ex. har bra resistens

mot en sjukdom men ger inte så hög avkastning. Återkorsningar görs då för att kunna förbättra avkastningen genom att dotterindivider korsas med en sort som hade högre avkastningsnivåer (Happstadius, 2008; Klug m.fl., 2009). Ett annat problem vid korsningsförädling är att det inte bara var de önskvärda utan även de oönskade egenskaperna kommer med (Happstadius, 2008). Sorten man vill korsa med, som har bra resistens, kanske också har dålig stråstyrka vilket följer med till nästa generation. Återkorsningar görs då även här för att försöka bli av med de oönskade egenskaperna. Korsningarna kompletteras med upprepade urval där man för varje generation väljer ut plantor med de bästa egenskaperna för vidare återkorsning eller odling (Happstadius, 2008).

3.2.2 Genmodifiering (GM)

Genmodifiering (GM) är en förädlingsteknik som använts mycket i USA, Kanada, Argentina, Brasilien och Kina. Dessa fem länder är de största producenterna av GM-grödor i världen (Lucht, 2015; Schmidt, 2005). GM kan delas upp i transgenetik och cisgenetik där främmande gener respektive gener från samma art tillförs en organism för att förbättra eller införa önskvärda egenskaper (Dhariwal & Laroche, 2017; Lucht, 2015). I den kanadensiska rapsodlingen har konventionella rapssorter till stor del ersatts av GM-rapssorter (Lucht, 2015). Det globala växtförädlingsföretaget Syngenta hade tidigare fältförsök med GM-grödor i Europa men år 2004 flyttades verksamheten till USA (Schmidt, 2005). Idag utförs mycket lite GM-verksamhet i Europa på grund av strikta regeldirektiv (Lucht, 2015; Schmidt, 2005). GM-teknik används inte i Sverige och Spanien är det enda landet i Europa som tillåter odling av GM-majs med resistens mot insektsangrepp.

3.2.3 Molekylär markörteknik

Identifiering av eventuella resistensgener utförs ofta genom molekylär markörteknik både i Sverige, övriga Europa och i Kanada (Turesson, 2015). Genom markörtekniker som MAS (marker assisted selection) kan man göra planturval baserade på gener som uttrycker önskvärda egenskaper istället för på fenotypen hos plantorna (Semagn m.fl., 2006; Turesson, 2015). Utveckling av markörbaserad teknik är på gång för att identifiera resistenskällor snabbare och på så vis effektivisera resistensförädlingen vilket är av stor betydelse vad gäller bomullsmögel (Turesson, 2015). Markörbaserad teknik har bl.a. testats i Kina för att undersöka resistens mot bomullsmögel hos rapsplantors stammar respektive grenar (Mei m.fl., 2012). Mer forskning kommer dock att behövas för att säkerställa om metoden är mer tillförlitlig än konventionella metoder.

3.2.4 CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats)

En ny teknik som har börjat användas i resistensförädling är CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), som går ut på att man modifierar sekvenser i arvsmassan hos en organism (Dhariwal & Laroche, 2017; Rani m.fl., 2016). Tekniken är annorlunda mot GM-teknik då den inte tillför gener från andra organismer och anses därför inte riktigt vara en GM-teknik. I Kanada har CRISPR använts för att förädla fram en ny rapssort (Dhariwal & Laroche, 2017). I USA och Kina har även experiment utförts inom husdjursförädling där hornlösa nötkreatur respektive grisar med ökad muskelmassa producerats (Gross, 2016). CRISPR används dock inte i någon större omfattning ännu.

3.3 Resistensförädling internationellt

3.3.1 Torröta och kransmögel

I Europa, Australien och Kanada har man genom korsningsförädling och återkorsningar kombinerat vårrapssorter med höstrapssorter med god frökvalitet, som låga halter av erukasyra och glukosinolater. Förutom god frökvalitet har de nya vårrapssorterna viss resistens mot klumprotsjuka och torröta. Problemet var att även oönskade egenskaper som exempelvis vernaliseringsbehov för att kunna initiera blomning följde med i de nya rapssorterna (Rahman, 2013). I Kina har vårraps korsats med semivinter-sorter, som inte behöver lika lång vernaliseringsperiod för att blomma, genom traditionell korsningsförädling och återkorsningar. Dessa semivinter-sorter skulle även kunna användas i förädlingsarbetet i Europa, Australien och Kanada för att komma runt problemet med den oönskade egenskapen i vårraps (Rahman, 2013). Både i Sverige och i Europa har man problem med angrepp av vissnesjuka i rapsodlingen. Sjukdomen orsakas av både kransmögel och torröta (Barbetti m.fl., 2012). Växtförädlingsföretagen har därför arbetat med att ta fram sorter som är resistenta mot dessa svampsjukdomar genom att identifiera resistensgener med molekylär markörteknik hos vårraps och testat både konventionell öppen pollinering och korsningsförädling. (SW Seed, 2015b; Wikström, 2014). Framförallt har man fokuserat på att förädla fram resistens mot kransmögel i rapssorter. Man lyckades identifiera resistensgener i kål men tyvärr också med höga halter av erukasyra. I förädlingsarbetet korsade man därför raps och kål med rybs som hade väldigt låga eller inga halter av erukasyra. Under förädlingsarbetet extraherades också ofta embryo ut och odlades in vitro för att försäkra uppkomsten av livskraftiga plantor (Rygulla m.fl., 2007). Växtförädlingsföretagen lyckades ta fram flera sorter, Trinity, Elgar, och SY Carlo som var motståndskraftiga mot torröta och sorten Mascara som var motståndskraftig mot både kransmögel och torröta (Dahlberg, 2013a; Elsoms, 2015; Syngenta, 2015e). I Kanada har man haft

mer problem med svåra angrepp av torröta. Därför har amerikanska växtförädlingsföretag främst satsat resurser på att förädla fram resistens mot torröta genom att söka efter flera källor av resistens med hjälp av molekylär markörteknik och föra in dessa i hybridsorter (Monsanto, 2012; Guenther, 2012; Worthington, 2014). Man har exempelvis tagit fram sorten DK Exstorm med resistens mot torröta och sorten Carousel med resistens mot kransmögel (Thorell, 2004; Dahlberg, 2013b).

3.3.2 Klumprotsjuka

Under 1990-2000 lyckades europeiska företag, genom att återkorsa våraps med samma arter av tidigare generationer, förädla fram höstraps sorterna Mendel och SY Alister (Syngenta, 2015d) med goda resistenta egenskaper mot klumprotsjuka. I Kanada hade man, förutom torröta, problem med klumprotsjuka i vårapsodlingarna. Sjukdomen har varit ett ökande problem sen år 2003 och därför startades experiment för att undersöka om sorten Mendel kunde användas för att förädla fram resistens mot svampsjukdomen. Man lyckades förädla fram resistenta sorter men det krävdes många selektioner genom flera generationer för att resistensnivå och frökvalitet skulle uppfylla produktionskraven hos lantbrukarna. Ändå hade man fortfarande problem med att vissa plantor visade allvarliga symptom såsom uppsvällda rötter (Rahman m.fl., 2011).

3.3.3 Bomullsmögel

Det har varit och är fortfarande en stor utmaning för växtförädlingsföretagen att hitta resistensgener för bomullsmögel. Viss resistens har identifierats hos sorter av sareptasenap från Kina, men förädlingsarbetet med dessa sorter har tyvärr inte gett tillräckligt bra förädlingsmaterial (Sharma m.fl., 2015). Däremot har molekylär markörteknik testats i Kina som gör undersökningen av resistens mot bomullsmögel mer effektiv och tillförlitlig (Mei m.fl., 2012), se även avsnittet ”Molekylär markörteknik” ovan.

3.4 Resistensförädling i Sverige

I Sverige har resistensförädling med höst- och våraps bedrivits sedan 1985 inom företagen W. Weibull AB (1985–1992), Svalöf Weibull AB (1993–2008) och Lantmännen SW Seed AB (2008–) (Wikipedia, 2015; Olesen m. fl., 2015). För närvarande bedrivs förädlingsarbete på två försöksstationer i Sverige. Den ena stationen ligger i Svalöf, Skåne och den andra i Lännäs, Närke. Vidare bedrivs också förädlingsarbete vid en försöksstation i Nederländerna (SW Seed, Breeding stations, 2015).

3.4.1 Korsningsmetodik

I den svenska resistensförädlingen har fokus legat främst på följande fyra svampsjukdomar:

- Bomullsmögel (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.)
- Kransmögel (*Verticillium dahliae* Kleb.)
- Torröta (*Phoma lingam* (Tode ex Schw.) Desm.)
- Klumprotsjuka (*Plasmodiophora brassicae* Woronin.)

I arbetet med dessa sjukdomar har man använt traditionell korsningsförädling och återkorsningar med arter inom *Brassica* spp. För att nå målet med förbättrad resistens hos oljeväxter utformade man följande tre metoder:

1. Årliga graderingar av sjukdomsangrepp för bedömning av resistensnivån i aktuella sorter av höstraps.
2. Utveckling av testmetoder och urval i både växthus och fält för bättre observation av sjukdomarnas utveckling, slutsats av resistensnivån hos plantorna och effektiv selektering.
3. Korsningsförädling för att ansamla resistensgener i material med bra kvalitet och utöka dess genetiska diversitet.

Vid förädlingen av raps så var man inte bara ute efter att få fram sorter med resistenta egenskaper utan man ville också ha egenskaper som hög avkastning, god stråstyrka och vinterhärdighet (Happstadius, 2008). Man ville även ha bra frökvalitet som hög oljehalt och låga halter av erukasyra och glukosinolater. Detta var viktiga egenskaper när frövaran skulle säljas vidare som livsmedel och djurfoder. Höga halter av erukasyra och glukosinolater kan ge negativa effekter på hälsan hos människor och djur. Vid korsningsarbetet använde man därför dubbellåg raps som hade låga halter av båda dessa ämnen och enkellåg raps med låga halter av erukasyra (Happstadius, 2008; Fogelfors, 2001a; Knutsson, 2008).

3.4.2 Bomullsmögel

Den genetiska diversiteten var liten i svenskt förädlingsmaterial för raps så det var svårt att få fram resistenta sorter. Under mitten av 1980-talet fick man dock information om att det fanns japanska rapssorter med höga resistens- och toleransnivåer mot bomullsmögel. Målet blev då att använda dessa sorter för att föra in resistensgener i svenskt vårrapsmaterial och selektera fram sorter med bra kvalitet.

År 1986 tog man in tre japanska höstrapssorter som hade bra egenskaper för resistens och tolerans mot bomullsmögel. De innehöll dock höga halter av erukasyra och glukosinolater, hade dålig vinterhärdighet samt ett visst vernaliseringskrav (Happstadius, 2008; Fogelfors, 2001b). Planen var att göra återkorsningar med

dubbellåg våraps för att förbättra frökvaliteten och sänka behovet av vernalisering. Efter korsningarna skulle plantorna genomgå kvalitetsanalyser för att kontrollera halten av erukasyra och glukosinolater. Resistenstest skulle också utföras för att kontrollera motståndskraften mot bomullsmögel. De första korsningarna med det japanska plantmaterialet skedde år 1987 med dubbellåg våraps och materialet man fick fram odlades i fält år 1989 och 1990. Det nya plantmaterialet hade i genomsnitt betydligt lägre angrepp av bomullsmögel [37-63% angrepp jämfört med mätarsorter utan resistens (100% angrepp)]. Materialet hade dock fortfarande höga halter av erukasyra och glukosinolater och vernaliseringsbehovet fanns fortfarande kvar. År 1990 och 1991 valdes totalt fem linjer med låga skadeangrepp ut ifrån första korsningen med de japanska sorterna för att återkorsas med våraps. Resistenstest gjordes åren 1993 och 1994 och det visade sig att angreppen hade ökat i genomsnitt [70-101% jämfört med mätarsorter utan resistens (100% angrepp)] (Happstadius, 2008, s. 5-6). Man testade sedan att göra ytterligare en återkorsning men resultatet blev ännu en ökning av skadeangreppen. Man gick över till upprepade planturval istället där man för varje generation valde de individer med de bästa egenskaper för bland annat bra motståndskraft och låga halter av erukasyra och glukosinolater. Detta gjordes för att förbättra kvaliteten och behålla resistensen på en rimlig nivå. Resistenstester gjorda på samtliga utvalda plantor (320 stycken), visade på en bättre resistens än återkorsningsföräldern [74-83% angrepp jämfört med 84-87% (återkorsningsföräldern)] (Happstadius, 2008, s. 8).

3.4.3 Kransmögel

Resistensgener fanns i det svenska förädlingsmaterialet och då speciellt för höstraps. Arbetet inriktades på att använda detta material och förbättra resistensen mot kransmögel genom korsningsarbete och ansamla resistensgener. Olika resistent linjer korsades samman för att få en ansamling av resistensgener i materialet. En del material med bra kvalitetsegenskaper, som låga halter av erukasyra och glukosinolater, korsades också in om egenskaperna saknades i de resistent linjerna. I början av projektet gjorde man endast korsningar på enkellågt material fram till år 1988. Därefter började man göra korsningar med dubbellågt material och år 1990 gick man över helt till detta. År 1992 gjordes de sista resistentesterna med 12 linjer av enkellåg höstraps i både fält och växthus samt ett avkastningsförsök. Linjerna jämförde med tre mätarsorter (Libraska, Ceres och Liropa). Fyra linjer (2, 5, 6 och 9) hade lägre angreppsnivåer i växthusförsöket jämfört med mätarna medan skillnaderna var mindre i fält (Figur 6a; Happstadius, 2008, s. 10). Orsaken till att angreppen skiljde sig mellan testen i växthus och i fält kan bero på att vissnesjuka även orsakas av andra svampar ute i fält, som t.ex. bomullsmögel eller torröta. I genomsnitt hade de 12 linjerna ungefär lika hög avkastning som mätarna men linjerna 2, 5, 6 och 9 hade högre avkastningsnivåer (Figur 6b). De första korsning-

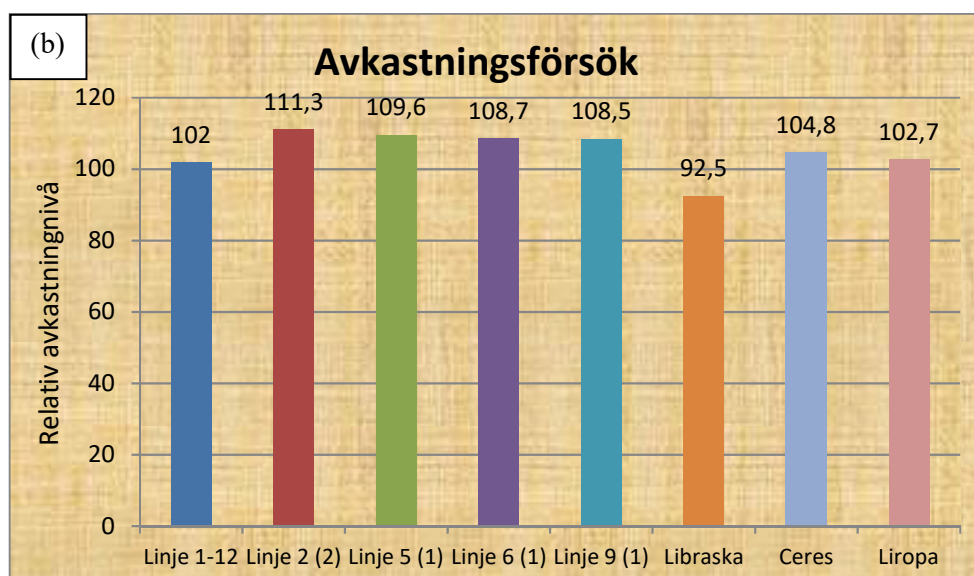
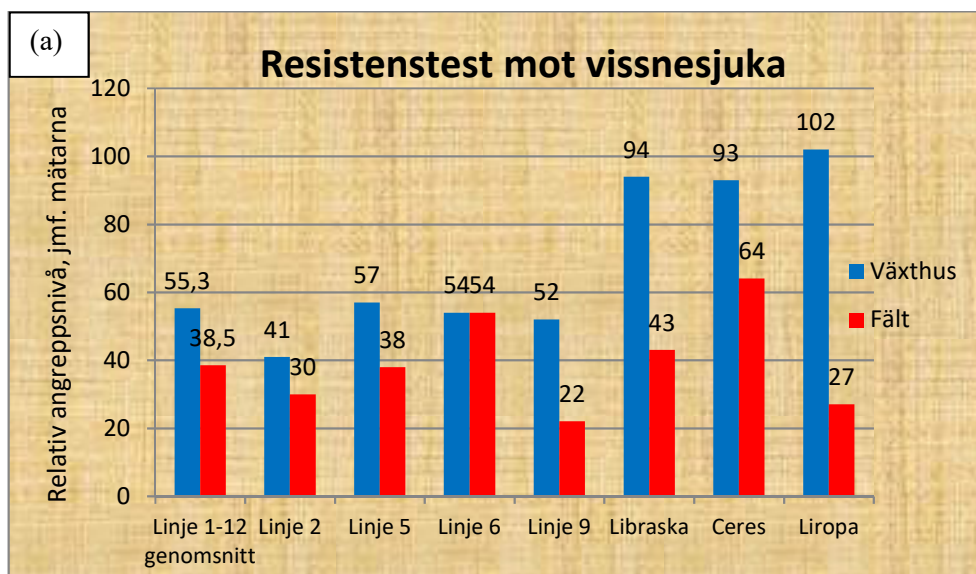
arna med dubbellågt material genomfördes år 1988 och under åren 1991 och 1992 fick man fram sju korsningar som hade lovande resistensnivåer. Inga specificerade urval gjordes i andra generationen F2, utan plantor valdes ut slumpmässigt för vidare odling. Resistensnivån i generation F3 blev då i genomsnitt ungefär densamma som för korsningsföräldrarna F1. I generation F3 gjorde man däremot urval för resistent sorter. I generation F4 fick de flesta korsningarna förbättrad resistens (Happstadius, 2008, s. 10). Tjugotre linjer från två av dessa korsningar valdes ut år 1993 för att testas för resistensnivå och avkastning. Resultaten visade att linjerna hade i genomsnitt både lägre skadeangrepp och lägre skörd än mätaren Ceres (Figur 7a, b) (Happstadius, 2008, s. 11). Avkastningsförsök och resistenstest mot kransmögel (vissnesjuka) utfördes även åren 1994-1996. År 1994 testade man 13 linjer ifrån fyra korsningar där samtliga i genomsnitt hade lägre angrepp av vissnesjuka och högre avkastning än mätaren, Ceres. I detta fälttest var angreppen endast orsakade av torröta och inget från kransmögel. År 1995 testade man 11 linjer ifrån sju korsningar, Angrepp av vissnesjuka var i de flesta fall lägre än hos mätaren men så var även avkastningen (Happstadius, 2008, s. 12-13).

3.4.4 Torröta

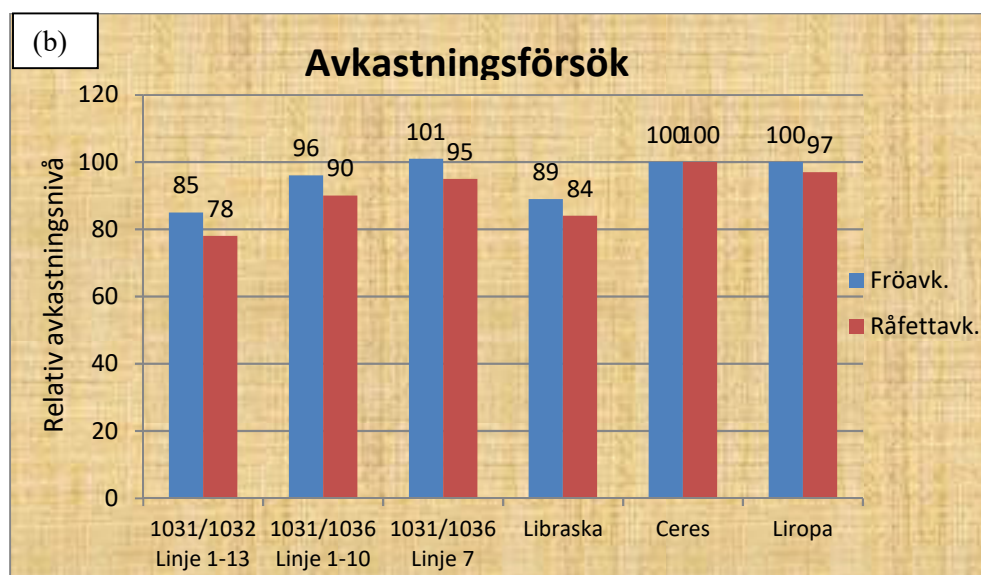
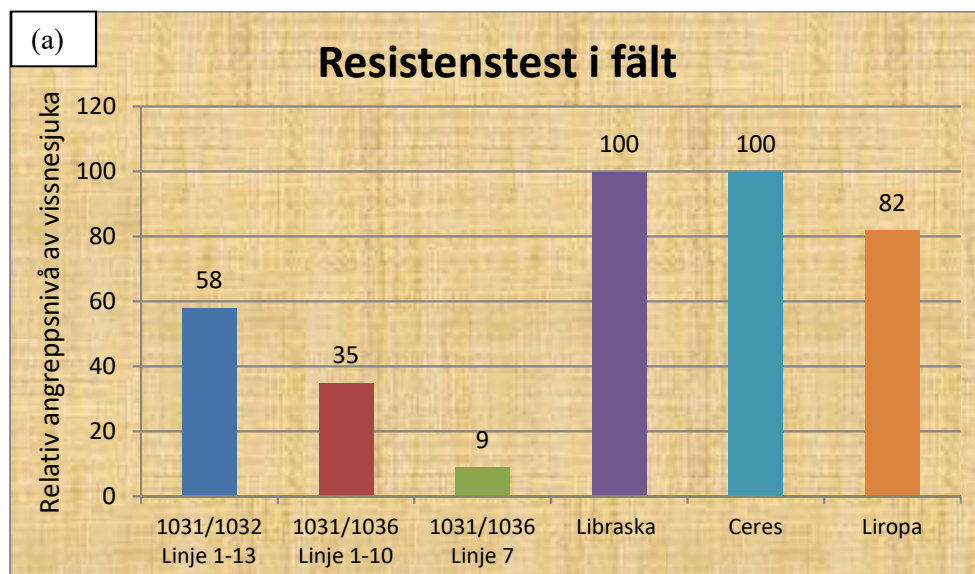
Resistensgener fanns tillgängligt i svenskt förädlingsmaterial av höstraps. Målet var således att utvärdera och använda sig av det materialet men också av närbesläktade arter såsom sareptasenap, etiopisk kål och svartsenap och utnyttja det i korsningsarbetet med vårraps. Ett annat mål man hade var att undersöka virulensen hos torröta, det vill säga olika rasers förmåga att orsaka sjukdom hos en värd under svenska förhållanden (Happstadius, 2008; Sandström & Twengström, 2002). Arbetet med att föra in resistensgener mot torröta i vårraps började med somatiska hybrider mellan raps och de tre resistent linjerna sareptasenap, etiopisk kål och svartsenap. Sexuella hybrider togs fram genom att korsa raps med sareptasenap och etiopisk kål. Hybriderna odlades fram och resistenstester utfördes. De korsningar som visade bra resistent egenskaper valdes ut och isolerades för uppföljande odling och resistenstest. De som i sin tur visade bra resistent egenskaper återkorsades med dubbellåg vårraps. Sammanlagt gjorde man fem återkorsningar med vårraps under åren 1991-1993, varav tre för de somatiska hybriderna och två för de sexuella hybriderna, och resistenstester utfördes efter varje återkorsning (Figur 8a, b) (Happstadius, 2008, s. 20). De flesta plantor från somatiska hybrider hade bra resistent egenskaper i både hjärt- och örtbladstadiet (81 respektive 72%). Av de isoleringar, som gjordes 1992 med somatiska hybrider som genomgått en andra återkorsning, var det bara en liten andel av återkorsningarna från somatiska hybrider som hade bra resistent egenskaper (4,5 % vid hjärtbladstadiet och 17 % vid örtbladstadiet) (Happstadius, 2008, s. 20). Odlings- och resistenstesterna utfördes i fält där man gjorde sjukdomsgraderingar av torröta genom att

räkna antal plantor som fått stjälken avbruten och fallit till marken. Naturliga infektioner utnyttjades i fält men även konstgjorda inokuleringar utfördes för att kunna göra sjukdomsgraderingar och selektioner. För höstraps använde man infekterad halm som lades ut i försöken medan man använde sporer från renodlat inokulum vilket sprutades på plantorna i försöket (Happstadius, 2008).

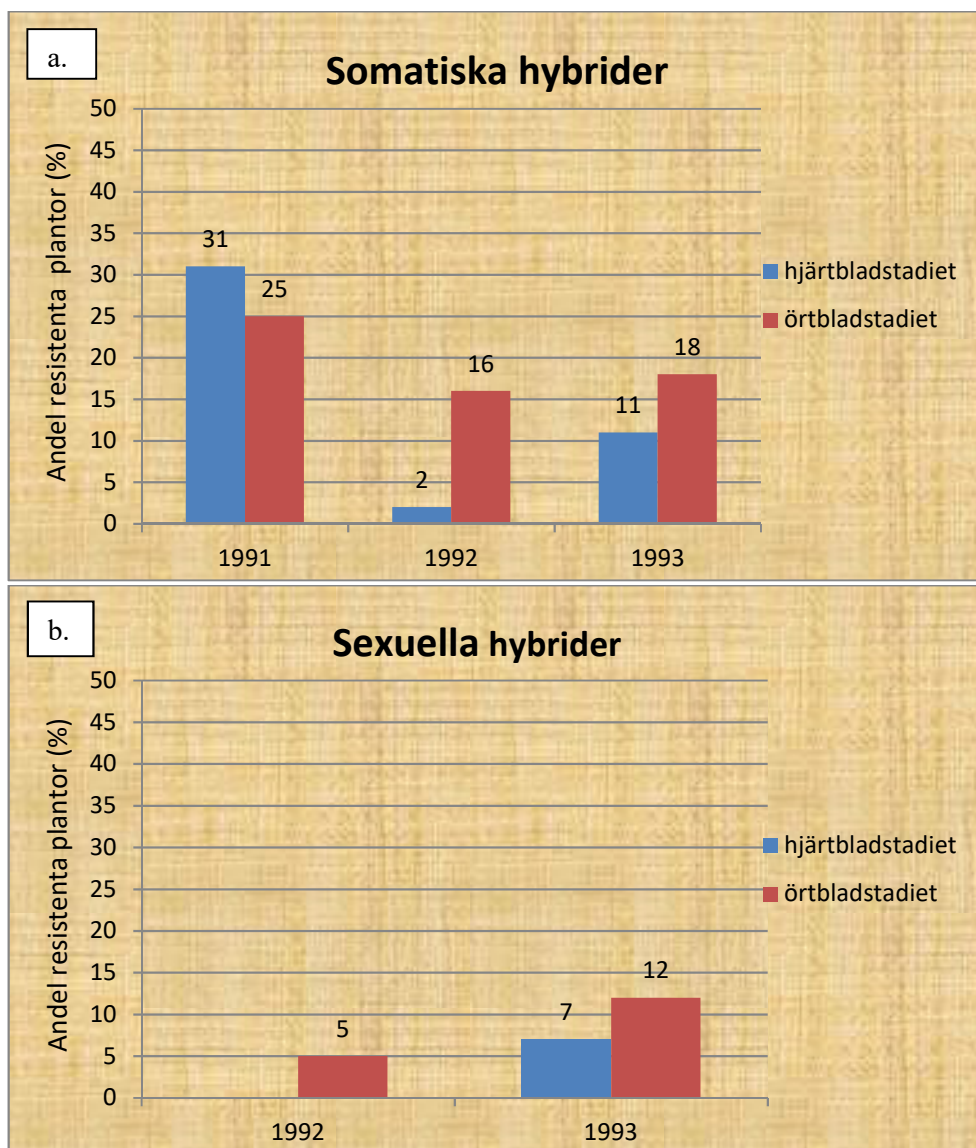
Under mitten av 1990-talet fick man in rapporter från odlare som hade problem med att höstrapsen föll till marken vid blomningen och hos de flesta plantor kunde man upptäcka angrepp av torröta. Under åren 1994-1996 undersökte man därför frekvensen av plantor som fallit till marken efter blomning i Svalöf Weibulls fältförsök och studerade olika sorters resistensegenskaper. De olika sorterna graderades efter hur många plantor som hade fallit till marken. De mest intressanta resultaten erhöles från graderingarna genomförda åren 1994 och 1995 där antalet plantor som vält under år 1994 var betydligt högre jämfört med år 1995 (Happstadius, 2008, s. 16). Orsaken till detta var oklar. Åren 1994-1995 genomförde växtskyddscentralen i Alnarp en inventering av torrötans virulens i Skåne. Man samlade in material från 19 platser genom att ta prover på stjälkar som visade symptom av torröta. Dessa prover renodlades och produktionen av pigment indikerade om svampen var avirulens (dvs. inte kunde orsaka sjukdom hos värden). Resultaten visade att 67 % av plantorna hade torröta och 91 % av dem var virulenta år 1994. Provtagningarna år 1995 visade att förekomsten av sjukdomen var ungefär lika stor medan virulensen var lägre (58%) (Happstadius, 2008, s. 17).



Figur 6. (a) Resistenstest för vissnesjuka hos 12 höstrapslinjer från korsningar med enkellågt material år 1992. Mätare: (Libraska, Ceres och Liropa). Angrepp av vissnesjuka visas i relativa tal där angrepp på mätarsorterna i genomsnitt = 100. (b) Avkastningsförsök hos tolv höstrapslinjer från korsningar med enkellågt material år 1992. Mätare: (Libraska, Ceres och Liropa). Avkastningsnivå visas i relativa tal där avkastningen för mätarsorterna = 100. (1) signifikansnivån är 5 % mot medeltalet av mätarna. (2) signifikansnivån är 5 % mot medeltalet av samtliga linjer. Figurerna är baserade på data från tabell 3 i rapporten "Resistensförädling i oljeväxter" (Happstadius, 2008, s. 10).



Figur 7. (a) Resistenstest i fält för vissnesjuka hos höstrapslinjer från korsningarna 1031/1032 och 1031/1036 år 1993. Mätare: Ceres. Angrepp av vissnesjuka visas i relativa tal där Ceres angrepp är 55 % = 100. Angreppen av vissnesjuka i fälttestet orsakades av både kransmögel och torröta. Angreppsnivån hade kanske inte varit lika stark om bara kransmögel orsakat det. (b) Avkastningsförsök hos höstrapslinjer från korsningarna 1031/1032 och 1031/1036 år 1993. Mätare: Ceres, (fröavkastning: 4851 kg/ha = rel.tal = 100 och råfettavkastning = rel.tal = 100.) Figurerna är baserade på data från tabell 5 i rapporten "Resistensförädling i oljeväxter" (Happstadius, 2008, s. 11).



Figur 8. (a) Resistenstest för torröta hos somatiska hybrider mellan vårraps och de tre resistent sorterna sareptasenap, etiopisk kål och svartsenap år 1991, 1992 och 1993. (b) Resistenstest för torröta hos sexuella hybrider mellan vårraps och de två resistent sorterna sareptasenap och etiopisk kål år 1992 och 1993. Ingen gradering av resistens kunde göras 1992 på hjärtbladen för att de ramade av för tidigt. Figuren är baserade på data från tabell 14 i rapporten "Resistensförädling i oljeväxter" (Happstadius, 2008, s. 20).

3.4.5 Klumprotsjuka

Målet med detta arbete var att föra in resistensgener i dubbellåg raps där både rasspecifik och bred resistens utnyttjades. *Rasspecifik resistens* innebär att en växt är resistent mot en eller flera raser av en skadegörare men är mottaglig för andra raser av den. Resistensen mot raserna är nästan fullständiga men en växt med rasspecifik resistens riskerar också att få den snabbare bruten i jämförelse med bred resistens. *Bred resistens* innebär att en växt är resistent mot samtliga raser av en skadegörare. Resistensen är inte lika effektiv men är mer långvarig än rasspecifik resistens (Sandström & Twengström, 2002).

Rasspecifik resistens

Gener för rasspecifik resistens hämtades ifrån olika kålrotssorter. Dessa hade dock höga halter av både erukasyra och glukosinolater så återkorsningar med dubbellåg höst- och vårraps och upprepade urval planerades för att få bättre frökvalitet. Sorterna med resistensgener hade ett visst vernaliseringsbehov så ett delmål för vårraps var att förädla bort detta. I korsningsarbetet för rasspecifik resistens i höstraps började man använda enkellågt material eftersom kålrot och dubbellåg höstraps hade dålig vinterhärdighet. Genom förädling fick den dubbellåga höstrapsen bättre vinterhärdighet och började användas som återkorsningsförälder. År 1993 gjordes avkastningsförsök på de första dubbellåga linjerna med rasspecifik resistens. Åtta linjer testades och avkastningen var i genomsnitt lägre i jämförelse med mätaren Ceres [avkastning 86% och råfettavkastning 79% jämfört med mätaren (100%)]. I korsningsarbetet med vårraps användes endast dubbellågt material. Avkastningsförsök gjordes även med de linjer man förädlade fram år 1993. Nio linjer testades och sorten Paroll användes som mätare. Även här hade linjerna genomsnittligt lägre skörd (avkastning 86% och råfettavkastning 79%) jämfört med mätarsorten (100%) (Happstadius, 2008, s. 23). Resistenstest som genomförts i växthus visade att rapssorter med rasspecifik resistens hade fullständig motståndskraft mot sjukdomen. Samtidigt är detta dock beroende av vilka raser av svampen man använt i testerna. Vissa raser är mer virulenta och har då större förmåga att interagera med sin värdväxt och möjligtvis bryta resistensen.

Bred resistens

Den breda resistensen fick man fram i raps genom att korsa linjer av kål och rova som hade resistent egenskaper. Även dessa hade höga halter av erukasyra och glukosinolater så de första hybriderna återkorsades med dubbellåg höstraps och upprepade urval gjordes för att förbättra frökvaliteten. Kvalitetsanalyser och resistenstester utfördes efter korsningarna och de upprepade urvalen. Resistenstester utfördes både i växthus och under fältförhållanden (Happstadius, 2008).

År 1995 gjorde man avkastningsförsök på 22 linjer från det korsningsarbetet. Några linjer hade fortfarande hög halt erukasyra och de flesta hade relativt högt innehåll av glukosinolater. I genomsnitt hade linjerna lägre avkastning (87%) än mätaren Ceres (100%) men tre linjer visade goda resultat för både avkastning (99-114%) och frökvalitet (ingen erukasyra och relativt lågt innehåll av glukosinolater) (Happstadius, 2008, s. 24).

Fälttester

År 1994 testade man hur linjer av höstraps med rasspecifik resistens skulle klara sig i fält med naturligt förekommande klumprotsjuka i jämförelse med raps med bred resistens. Åtta höstrapslinjer testades varav tre med rasspecifik resistens och fem med bred resistens där Ceres och Libraska var mätare (Tabell 1). Under år 1994 testades även åtta vårrapslinjer med rasspecifik resistens, där Paroll och Sponsor var mätare (Tabell 2) (Happstadius, 2008, s. 25). Linjerna med rasspecifik resistens från både höst- och vårraps hade starka skadeangrepp som var i stort sett lika med angreppen på mätarsorterna (Tabell 1 & 2). Däremot hade alla linjer med bred resistens från höstraps utom en linje svaga angrepp av klumprotsjuka (Tabell 1). År 1996 testade man återigen hur raps med rasspecifik resistens skulle klara sig ute i smittat fält i jämförelse med raps som har bred resistens. Två höstrapslinjer med bred resistens respektive rasspecifik resistens testades på tre olika platser och resultaten blev detsamma (Happstadius, 2008, s. 26). De två linjerna med rasspecifik resistens hade 60-70% angripna plantor på en plats och minst 95% på de två andra platserna. De två linjerna med bred resistens hade inte mer än 40% angripna plantor på någon av platserna (Happstadius, 2008, s. 26).

Tabell 1. Resistenstest av 8 höstrapslinjer med både rasspecifik och bred resistens i fält med naturlig förekommande smitta av klumprotsjuka år 1994. Mätare: Ceres, Libraska (Happstadius, 2008, s. 25).

Linje	Angrepp av klumprotsjuka (%)	Typ av resistens
1	71	Rasspecifik
2	67	Rasspecifik
3	63	Rasspecifik
4	22	Bred
5	37	Bred
6	16	Bred
7	2	Bred
8	85	Bred
Ceres	71	-
Libraska	78	-

Tabell 2. Resistenstest av åtta vårrapslinjer med rasspecifik resistens i fält med naturlig förekommande smitta av klumprotsjuka år 1994. Mätare: Paroll och Sponsor (Happstadius, 2008, s. 25).

Linje	Angrepp av klumprotsjuka (%)	Typ av resistens
1	68	Rasspecifik
2	62	Rasspecifik
3	65	Rasspecifik
4	82	Rasspecifik
5	77	Rasspecifik
6	67	Rasspecifik
7	50	Rasspecifik
8	72	Rasspecifik
Paroll	74	-
Sponsor	82	-

3.4.6 Sammanfattning av resultat från perioden 1985-2000

Under förädlingsarbetet 1985-2000 har man haft olika framgång med att förädla fram raps med resistens mot svampsjukdomar.

Bomullsmögel

Man lyckades få fram linjer med bra kvalitet och resistent egenskaper i korsningsprogram mot bomullsmögel tack vare användningen av det japanska växtmaterialet, men förbättringarna var relativt små ändå. Man planerade därför att leta vidare efter starkare resistens hos kål (*Brassica oleracea*) för att korsa det med raps (*Brassica rapa*) och få fram raps med bättre resistent egenskaper (Happstadius, 2008). Fortsatta sjukdomsgraderingar gjordes i sortförsöken där man fokuserade på bomullsmögel, kransmögel och torröta. Bomullsmögel visade ganska starka angrepp år 1997, men framåt till år 2000 hade angreppen minskat (Happstadius, 2008).

Kransmögel och torröta

Vad gäller kransmögel så har korsningsarbetet med enkellåg höstraps och resistent linjer av höstraps lett fram till högavkastande sorter med bra resistent egenskaper, vilka kommer att användas i korsningsarbetet framöver. Korsningar med dubbellåg höstraps har också lett fram till sorter med bra resistens, men däremot har egenskaper för avkastning inte blivit lika bra då inte så många kommer upp till mätarsorternas nivåer. Ett annat problem var att vinterhärdigheten inte var så bra heller och planerades därför att förbättras i fortsatt förädling (Happstadius, 2008). Både avirulenta och virulenta sorter av torröta förekom på platserna man

testade. Den mest vanliga var PG 1 som var avirulent. Vidare förekom även PG 3 och 4 som visade starka virulenta egenskaper. Torrötan visade därmed potential för att kunna utvecklas och orsaka betydande skadeangrepp i framtiden (Happstadius, 2008a, s. 18). Av hybriderna man fick fram genom korsningsarbetet så var det de sexuella hybriderna som hade bäst resistent egenskaper (Happstadius, 2008, s. 20). För vissa plantor har man märkt att nedre delen av stjälken varit angripen av torröta även om inga symptom syntes på bladen. Vid fortsatta undersökningar och resistenstester tog man hänsyn till detta (Happstadius, 2008). År 1997-2000 gjordes sjukdomsgraderingar i sortförsök. Angreppen av kransmögel var väldigt starka under perioden medan förekomsten av torröta var låg åren 1997-1998 men ökade fram mot år 2000 (Happstadius, 2008).

Klumprotsjuka

Båda resistenstesten mot klumprotsjuka i fält åren 1994 och 1996 visade att rapsplantor med bred resistens klarade sig ofta bättre, speciellt om det förekom flera olika virulenta raser. Rapsplantor med rasspecifik resistens var intressanta ur odlingssynpunkt om det inte förekom för starkt tryck av klumprotsmitta (Happstadius, 2008, s. 26).

3.4.7 Svensk resistensförädling efter år 2000

Hur resistensförädlingen och sjukdomsgraderingarna har skett i Sverige mellan år 2000 och 2008 är oklart då inga rapporter eller artiklar har hittats kring detta. Fler intervjuer och telefonsamtal med personer som är relaterade till förädlingsarbetet hade behövts för att få reda på det men det fanns inte tillräckligt med tid. År 2009 startade Lantmännen SW Seed AB ett förädlingsprogram för höstraps tillsammans med växtförädlingsföretagen Florimond Desprez, Frankrike, och Elsoms Seeds, Storbritannien (Wikipedia, 2015; Olesen m.fl., 2015). Vid växtförädlingsstationen i Svalöf arbetade man med så kallad ”pree-breeding”. Det innebar att man identifierade resistenskällor av intresse, förde in dem i höstraps och utvecklade den genetiska diversiteten i förädlingsmaterialet. Samtidigt provade man olika höstrapssorter på fyra olika platser i Sverige där flera hundra sorter odlades upp för resistens-test. Detta är ett långsiktigt arbete och det kan ta upp till 15-25 år innan man lyckas föra in bra resistent egenskaper i höstraps.

Bomullsmögel

Inget förädlingsarbete har gjorts de senaste åren mot bomullsmögel då man inte hittat några kända resistenskällor än. I nuläget utförs ingen förädling på resistent höstrapssorter i Sverige sedan Lantmännen SW Seed AB sålde verksamheten till företaget Syngenta (Syngenta, 2015b; Elsoms, 2015; SW Seed, 2014).

Kransmögel och torröta

År 2013 fick man fram en ny höstrapssort med namnet Mascara. Sorten provades i både växthus och ute i fält för test av kransmögelangrepp. Resultaten visade att sorten hade stark resistens mot både kransmögel och torröta. Den hade också hög fröavkastning och oljehalt och visade sig ha goda egenskaper för övervintring genom ett kompakt och robust växtsätt (Dahlberg, 2013a). År 2012 testade man också höstrapssorten DK Exstorm i sortförsök som visade lovande resultat. Den hade bra motståndskraft mot torröta och även hög avkastning och oljehalt. Sorten har en kraftig tillväxt men relativt låg höjdtveckling. Detta gör att tillväxtpunkten inte kommer på en för hög och utsatt nivå innan vintern och sorten har därmed bra egenskaper för övervintring. En annan bra egenskap är att den inte drösar så lätt vid skörd tack vare starka skidfästen (Dahlberg, 2013b). Vidare finns höstrapssorten SY Carlo som är högavkastande med resistens mot torröta. Den har även god stjälkstyrka och goda förutsättningar för övervintring. År 2014 testade man avkastningsförsök hos 31 olika höstrapshybrider på fält med förekomst av torröta. SY Carlo klassades som den högst avkastande sorten med 6590 kg/ha (Syngenta, 2015e).

Klumprotsjuka

Man arbetar med förädling av våraps för att ta fram bland annat klumprotsresistenta sorter (Maria Kaliff, personligt meddelande)¹. Resistensförädling för att få fram klumprotsresistenta sorter i Sverige har varit på gång under en längre tid men man räknar med att nya sorter kommer ut först längre fram i tiden. I sortförsöken har man däremot testat tyska hybrider som Mendel och dess uppföljare Mendelson på smittad mark i Skåne år 2013. De har visat sig ha resistenta egenskaper mot klumprotsjuka men ger något lägre skörd (Wallenhammar, 2012, 2014). Företaget Syngenta genomför sortförsök och marknadsför olika höstrapssorter, exempelvis SY Alister och SY Carlo (Syngenta, 2015a, 2015d, 2015e). SY Alister har bra motståndskraft mot klumprotsjuka, god stjälkstyrka och snabb tillväxt under hösten utan att tillväxtpunkten kommer för högt. I sortförsök år 2014 visade den sig överlägsen vad gäller fröskörd på klumprotsmittade fält i jämförelse med mottagliga sorter (Syngenta, 2015d).

¹ Maria Kaliff, rapsförädlare, Lantmännen Lantbruks förädlingsstation, telefonsamtal den 8 maj 2015.

4 Diskussion och slutsatser

Efterfrågan på rapsfrövara för produktion av livsmedel, foder och biodiesel (RME, rapsmetylester) har ökat under ett antal år. Detta leder till en mer intensiv odling av raps vilket ökar risken för angrepp av svampsjukdomar som bomullsmögel, kransmögel, torröta och klumprotsjuka. Vissa år kan dessa sjukdomar orsaka stor skada med lägre skördar och sämre kvalitet på fröåvaren som följd. Lantbrukaren kan minska sjukdomstrycket genom att använda odlingstekniska åtgärder såsom en varierad växtföljd, bekämpa korsblomstriga ogräs, plöja ned växtrester etc. Framöver kan dock exempelvis bomullsmögel komma att orsaka än mer problem i oljeväxtodlingen om den utvecklar mer virulenta raser och de odlingstekniska åtgärderna kanske inte räcker för att bekämpa växtpatogenen. De pågående klimatförändringarna med högre temperatur, mer nederbörd och kortare vintrar kan gynna utvecklingen av växtpatogena svampar. Detta skulle kunna leda till att klumprotsjuka blir en än mer problematisk svampsjukdom då den vid infektionsförloppet gynnas av höga temperaturer som 20-25°C. Hög luftfuktighet gynnar också de flesta svampsjukdomar men jämfört med t.ex. bomullsmögel och torröta så infekterar klumprotsjuka under markytan. Om den finns i jordar med vattenhållande egenskaper så har den goda chanser för att infektera rötterna hos rapsplantor. Effektivare odlingstekniska åtgärder och kombination med framtagning av resistent rapsorter kommer därför att bli mycket viktigt framöver.

Inom svensk resistensförädling har man använt sig av korsnings- och selektionsförädling för att få fram resistent sorter men inga gentekniska metoder utförs ännu. För att identifiera resistensgener hos arter av släktet *Brassica* spp. så har man använt sig av markörbaserad teknik för att mer effektivt hitta resistens mot t.ex. torröta i rybs. Inom selektionsförädling används också markörteknik som MAS (marker assisted selection). Med denna teknik kan man göra planturval baserade på generna som uttrycker önskvärda egenskaper istället för på fenotypen hos plantorna (Semagn m.fl., 2006; Tuvevesson, 2015). Utveckling av markörbaserad teknik är på gång för att identifiera resistensällor snabbare och på så vis ytterli-

gare effektivisera resistensförädlingen, vilket är av stor betydelse vad gäller bomullsmögel (Turesson, 2015). Den nya tekniken CRISPR verkar bidra med lovande resultat enligt tester i USA, Kina och Kanada och kan ha stor potential i effektiviseringen av växtförädlingen i Sverige. Det är dock mycket oklart om användningen av tekniken och hur den ska hanteras enligt rådande regelverk, då många länder är osäkra på om tekniken faller inom kategorin GMO eller inte (Lucht, 2015). CRISPR går ut på att modifiera strukturen av genuppsättningen så enligt min egen åsikt bedömer jag att den faller i kategorin GMO, men inte i den traditionella synen av GMO där främmande gener tillförs. Tekniken har som sagt potential, men jag själv har svårt att se att det skulle vara säkrare än traditionella GM-tekniker. Mer forskning och riskbedömningar om eventuella negativa konsekvenser kommer att krävas innan den börjar tillämpas i Sverige.

I Sverige har förädlingsarbetet resulterat i förädlingsmaterial med god resistens mot *kransmögel* och *torröta*. Detta material har sedan använts i det fortsatta förädlingsarbetet. Det kan noteras att under det tidigare korsningsprogrammet för kransmögel, har det varit svårt att urskilja om det var kransmögel eller torröta som orsakat vissnesjuka hos rapsplantorna i fältförsöken (Happstadius, 2008). Båda svamparna gynnas av varandra då den enes angrepp på plantorna underlättar infektionsförloppet av den andras angrepp. Infektionsförloppet underlättas också av andra faktorer som plantskador orsakade av insekter eller frost (Leino, 2006; Kuusk & Dixelius, 2010). Genom detta så kan det vara svårt att bedöma om den iakttaga resistensen i fält var mot kransmögel eller torröta. Däremot är det tydligt att det är kransmögelresistens som studerats i växthusexperimenten. Vidare hade de framtagna höstrapsorterna sämre vinterhärdighet. Det påverkar indirekt resistensegenskaperna hos plantorna eftersom de blir mer mottagliga för sjukdomar, vilket gör bedömningen av höstrapsens resistens ännu mer osäker. Under senare år har förädlingsprogrammen lett fram till resistenta sorter mot kransmögel och torröta, som sorten Mascara. Virulensgraden hos *torröta* mättes genom att testa svampens förmåga att kunna orsaka sjukdomar hos tre mätarsorter men frågan är om det räcker med tre sorter. PG 4 och PG 1 är grupper av torröta som var virulenta respektive avirulenta mot samtliga mätarsorter, men PG 4 kan kanske vara avirulenta mot vissa andra rapssorter som PG 1 är virulenta mot. I så fall blir virulensgraden missvisande och skulle behöva omvärderas genom testning på fler rapssorter. Det bör tas i åtanke att man inte ska förlita sig för mycket på att bekämpa svampsjukdomar med resistenta sorter, så de anpassar sig. Användning av resistenta sorter ska kombineras med förebyggande och direkta åtgärder, som god växtföljd och nedplöjning av växtrester för att bekämpa svampsjukdomar. I det svenska förädlingsarbetet med *klumprotsjuka* visade det sig att den breda resistensen var mer säker och framgångsrik hos höstraps än den rasspecifika resistensen

hos både höst- och vårraps. Vad som hade varit intressant att veta är om detta även gäller för vårraps, men tyvärr så fanns inga resultat publicerade om detta. Under senare år har försök gjorts att förädla fram klumprotsresistenta vårrapssorter och dessa förväntas kunna vara tillgängliga inom en relativt snar framtid. Klumprot-sjukan har varit problematisk i flera områden de senaste åren och nya resistenta sorter kommer att behövas i framtiden. Det finns inga resistenta sorter mot *bomullsmögel* ute på marknaden då det har varit svårt att hitta resistent plantmaterial som går att använda i förädlingsarbetet.

I framtida resistensförädling är det viktigt med samarbete mellan olika växtförädlingsföretag för att man ska uppnå sina mål och bidra till en fortsatt framgångsrik oljeväxtodling både nationellt och internationellt. Detta har tidigare skett hos t.ex. Lantmännen SW Seed AB, Florimond Desprez och Elsoms Seeds som arbetade tillsammans med höstrapsförädling. Syngenta köpte visserligen det svenska förädlingsprogrammet rörande höstraps men Lantmännen SW Seed AB får i sin tur information från Syngenta om det pågående arbetet och resultatet av deras resistensförädling. Genom dessa samarbeten med olika växtförädlingsföretag, som har olika resurser och förutsättningar för oljeväxtodling, kan mer fördjupande kunskap om de olika svampsjukdomarnas biologi och utveckling samt funktioner hos oljeväxters resistens uppnås. Utifrån dessa kunskaper kan mer effektiva metoder utvecklas för framställning av resistenta sorter. Resistensförädlingen av raps har lett till motståndskraftiga sorter mot kransmögel och torröta, som lantbrukarna kan använda sig av. Sorternas resistens ska dock inte förlitas på helt och hållet utan mer implementeras med förebyggande och direkta åtgärder, så inte virulens utvecklas. Fokus behöver ligga på att förädla fram resistens mot klumprotsjuka som kan bli potentiellt farlig skadegörare i framtiden genom den pågående klimatförändringen, vilket Lantmännen SW Seed AB är på gång med. Mer forskning behövs kring att hitta möjliga resistensgener mot bomullsmögel inom släktet *Brassica* spp. men också om mer effektiva metoder för att identifiera resistensällor effektivare. För att uppnå dessa mål är det bra om internationellt arbete upprätthålls mellan växtförädlingsföretagen och att de delar med sig av sina forskningsresultat.

5 Tack

Jag vill tacka Anneli Lundkvist, institutionen för växtproduktionsekologi, ogräsbiologi och ogräsreglering, SLU Ultuna, för god handledning och stöd genom arbetet med litteraturstudien. Jag vill också tacka Robert Glinwood, institutionen för växtproduktionsekologi, växtekologi, SLU Ultuna, för feedback och vägledande inlägg om litteraturstudien. Slutligen vill jag tacka Maria Kaliff, gruppleadare för Olje/Foder-avdelningen på Lantmännen Lantbruks förädlingsstation, för information om hur resistensförädling bedrivs idag. Tack vare samtligas bidrag har litteraturstudien utökats med relevant information och fått en förbättrad struktur.

6 Referenslista

6.1 Böcker, faktablad och tidsskriftartiklar

Atterwall, S. (1994). *Kransmögel*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Faktablad om växtskydd. Jordbruk 72J [Faktablad].

Barbetti, J. M., Banga, S. S. & Salisbury, A. P. (2012). Challenges for crop production and management from pathogen biodiversity and diseases under current and future climate scenarios – Case study with oilseed Brassicas. *Field Crops Research*, vol. 127, ss. 225-240.

Dhariwal, G. K. & Laroche, A. (2017). The future of genetically engineered plants to stabilize yield and improve feed. *Animal Frontiers*, vol. 7, ss. 5-8.

Fogelfors, H. (2001a). Oljeväxter. I: Fogelfors, H. (red.) *Växtproduktion i jordbruket*. Stockholm: Natur och Kultur, ss. 167-187.

Fogelfors, H. (2001b). Tillväxt, Differentiering och utveckling. I: Fogelfors, H. (red.) *Växtproduktion i jordbruket*. Stockholm: Natur och Kultur, ss. 109-117.

Gross, M. (2016). Harvest time for CRISPR-Cas?. *Current Biology*, vol. 26, ss. 903-905.

Klug, W., Cummings, M., Spencer, C. & Palladino, M. (2009). *Essentials of genetics*. 7. ed. San Francisco: Pearson Education.

Kuusk, A.-K. & Dixelius, C. (2010). *Torröta*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Faktablad om växtskydd. Jordbruk 102J [Faktablad].

Leino, M. (2006). *Svampsjukdomar i raps och rybs*. Stockholm: Jordbruksverket.

Lucht, J. M. (2015). Public Acceptance of Plant Biotechnology and GM Crops. *Journal of Viruses*, vol. 7, ss. 4254-4281.

Mei, J., Wei, D., Disi, J. O., Ding, Y., Liu, Y. & Qian, W. (2012). Screening resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in *Brassica* crops with use of detached stem assay under controlled environment. *Eur J Plant Pathol*, vol. 134, ss. 599-604.

Rahman, H. (2013). Review: Breeding spring canola (*Brassica napus* L.) by the use of exotic germplasm. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 93, ss. 363-373.

Rahman, H., Shakir, A. & Hasan, J. M. (2011). Breeding for clubroot resistant spring canola (*Brassica napus* L.) for the Canadian prairies: Can the European winter canola cv. Mendel be used as a source of resistance?. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 91, ss. 447-458.

Rani, R., Yadav, P., Barbadikar, K. M., Baliyan, M., Malhotra, E. V., Singh, B. K., Kumar, A. & Singh, D. (2016). CRISPR/Cas9: a promising way to exploit genetic variation in plants. *Biotechnol Lett*, vol. 38, ss. 1991-2006.

Rygulla, W., Friedt, W., Seyis, F., Lühs, W., Eynck, C., Tiedemann, von A. & Snowden, J. R. (2007). Combination of resistance to *Verticillium longisporum* from zero erucic acid *Brassica oleracea* and oilseed *Brassica rapa* genotypes in resynthesized rapeseed (*Brassica napus*) lines. *Plant Breeding*, vol. 126, ss. 596-602.

Sandström, M. & Twengström, E. (2002). *Växters resistens mot sjukdomar*. Uppsala : Sveriges lantbruksuniversitet. Faktablad om växtskydd. Jordbruk 112J [Faktablad].

Schmidt, C. W. (2005). Genetically Modified Foods Breeding Uncertainty. *Environmental Health Perspectives*, vol. 113, ss. 526-533.

Sharma, P., Meena, D. P., Verma, R. P., Saharan, S. G., Mehta, N., Singh, D. & Kumar, A. (2015). Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary causing Sclerotinia rot in oilseed *Brassicas*: A review. *Journal of Oilseed Brassica*, vol. 6, ss. 1-44.

Twengström, E. (1999). *Bomullsmögel*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Faktablad om växtskydd. Jordbruk 25J [Faktablad].

Wallenhammar, A.-C. (1997). *Klumprotsjuka*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Faktablad om växtskydd. Jordbruk 44J [Faktablad].

6.2 Internet

Dahlberg, K. (red.) (2013a). Mascara – ny höstrapssort 2013. *Gårdsmagasinet* [Elektronisk], ss. 12-13. Tillgänglig: <https://www.lantmannenlantbruk.se/Documents/V%C3%A5ra%20tj%C3%A4nster/G%C3%A5rdsmagasinet/2013/G%C3%A5rdsmagasinet%20H%C3%B6stspecial%202013.pdf> [2015-04-03].

Dahlberg, K. (red.) (2013b). DK Exstorm – höstrapssorten 2012. *Gårdsmagasinet* [Elektronisk], ss. 15. Tillgänglig: <https://www.lantmannenlantbruk.se/Documents/V%C3%A5ra%20tj%C3%A4nster/G%C3%A5rdsmagasinet/2013/G%C3%A5rdsmagasinet%20H%C3%B6stspecial%202013.pdf> [2015-04-03].

Eggerth, N. (2012). Naturälskare med gemenskapen i blodet. *Skånska dagbladet*, 9 augusti. Tillgänglig: <http://www.skanskan.se/article/20120809/PERSONLIGT/707099970/-/naturalskare-med-gemenskapen-i-blodet> [2015-04-03].

Elsoms. *Oilseed Rape*. Tillgänglig: <http://www.elsoms.com/agricultural-seed/oilseed-rape> [2015-05-10].

Grimberg, Å. (2014). Växtförädlarens verktygslåda genom tiderna. *Bioscience Explained* [Elektronisk], vol. 8 (1), ss. 1-6. Tillgänglig: http://www.bioscience-explained.org/SEvol8_1/pdf/plantbreedsve.pdf [2015-05-12].

Guenther, L. (2012). Disease resistance key to new variety development. *Grainews*, 2 november. Tillgänglig: <http://www.grainews.ca/2012/11/02/disease-resistance-key-to-new-variety-development/> [2015-05-10].

Happstadius, I. (2008). *Resistensförädling i oljeväxter* [Elektronisk]. Alnarp: Svensk Raps. Tillgänglig: <http://www.svenskraps.se/kunskap/pdf/00194.pdf> [2015-01-28].

Jordbruksverket. (2015a). Växtskyddscentralernas bildarkiv. *Bomullsmögel på vårropsplanta* [fotografi]. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/4.35974d0d12179bec28580002392/12.6621c2fb1231eb917e680005061.html?state=showImage&imageId=18.64271a94119e0bdc94080002634> [2015-05-10].

Jordbruksverket. (2015b). Växtskyddscentralernas bildarkiv. *Apothecier i vårropsfält* [fotografi]. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/4.35974d0d12179bec28580002392/12.6621c2fb1231eb917e680005061.html?state=showImage&imageId=18.151fe8a103a1175d5b8000891> [2015-05-10].

Jordbruksverket. (2015c). Växtskyddscentralernas bildarkiv. *Kransmögel – bronsfärgning på stjälkens ena sida* [fotografi]. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/4.35974d0d12179bec28580002392/12.6621c2fb1231eb917e680005061.html?state=showImage&imageId=18.795c224d1274198ffc280002631> [2015-05-11].

Jordbruksverket. (2015d). Växtskyddscentralernas bildarkiv. *Kransmögel – mikroskrelotier* [fotografi]. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/4.35974d0d12179bec28580002392/12.6621c2fb1231eb917e680005061.html?state=showImage&imageId=18.151fe8a103a1175d5b8000589> [2015-05-11].

Jordbruksverket. (2015e). Växtskyddscentralernas bildarkiv. *Torröta på höstraps* [fotografi]. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/4.35974d0d12179bec28580002392/12.6621c2fb1231eb917e680005061.html?state=showImage&imageId=18.64271a94119e0bdc94080002633> [2015-05-11].

Jordbruksverket. (2015f). Växtskyddscentralernas bildarkiv. *Klumprotsjuka – förtjockade rötter på vårrops* [fotografi]. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/4.35974d0d12179bec28580002392/12.6621c2fb1231eb917e680005061.html?state=showImage&imageId=18.151fe8a103a1175d5b8000581> [2015-05-13].

Jordbruksverket. (2015g). Växtskyddscentralernas bildarkiv. *Vårropsfält angripet av klumprotsjuka* [fotografi]. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/4.35974d0d12179bec28580002392/12.6621c2fb1231eb917e680005061.html?state=showImage&imageId=18.76ca33bb127af0b508c80006691> [2015-05-13].

Knutsson, H. (2008). *Småskalig produktion och användning av rapskaka* [Elektronisk]. Alnarp: Svensk Raps. Tillgänglig: http://www.svenskraps.se/kunskap/pdf/00735_smaskalig-rapskaka-knutsson-0711.pdf [2015-04-04].

Lantmännen. *SW Seed etablerar nytt samägt växtförädlingsföretag med SAS Maison Florimond Desprez och Elsoms Seeds Ltd.* Tillgänglig: <http://lantmannen.se/omlantmannen/press-media/nyheter-arkiv/pressmeddelande/sw-seed-etablerar-nytt-samagt-vaxtfordlingsforetag-med-sas-maison-florimond-desprez-och-elsoms-seeds-ltd/> [2015-05-10].

Monsanto. *Company History*. Tillgänglig: <http://www.monsanto.com/whoweare/pages/monsanto-history.aspx> [2015-05-06].

Monsanto (2012-03-27). *Monsanto Canada says new DEKALB® brand canola hybrids*. Tillgänglig: <http://www.monsanto.ca/newsviews/Pages/NR-03-27-2012.aspx> [2015-05-06].

- NIAB Innovation Farm (2013). *Triangle of U*. Tillgänglig: <https://www.innovationfarm.co.uk/page/triangle-u> [2015-01-28].
- NIAB Innovation Farm. (2013). *Triangle of U* [figur]. Tillgänglig: <https://www.innovationfarm.co.uk/page/triangle-u> [2015-04-10].
- Olesen, A., Henriksson, T., Gertsson, B. & Svensson, E. (2015). Ingrid Happstadius. *Sydsvenskan*, 17 januari. Tillgänglig: <http://www.sydsvenskan.se/familj/minnesord/ingrid-happstadius/> [2015-04-03].
- Roland, J. (2011). *Hur ofta kan vi odla oljeväxter? Olika frekvenser av höstraps i en växtföljd – inverkan på avkastning och sjukdomsangrepp* [Elektronisk]. Alnarp: Svensk Raps. Tillgänglig: http://svenskraps.se/2020/dokument/slutredovisning/20_Hur-ofta-kan-vi-odla-raps_Johan-roland.pdf [2015-05-06].
- Semagn, K., Bjørnstad, Å. & Ndjiondjop, M. N. (2006). Progress and prospects of marker assisted backcrossing as a tool in crop breeding programmes. *African Journal of Biotechnology* [Elektronisk], vol. 5 (25), ss. 2588-2603. Tillgänglig: <http://www.ajol.info/index.php/ajb/article/viewFile/56083/44538> [2015-05-12].
- Statistiska centralbyrån. (2015). *Hektarskörd, kg per hektar efter gröda och år*. Tillgänglig: http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_JO_JO0601/SkordarL/table/tableViewLayout1/?rxid=45a62338-ac9c-43d2-a0f4-2509a2847b5f [2015-05-10].
- SW Seed (2014-06-16). *Lantmännen in strategic partnership for plant breeding*. Tillgänglig: <http://www.swseed.com/News/Lantmannen-in-strategicpartnership-for-plant-breeding1/> [2015-04-03].
- SW Seed. (2015a). *Breeding stations*. Tillgänglig: <http://www.swseed.com/Contact-us/Breeding-stations/> [2015-04-03].
- SW Seed. (2015b). *Spring Oil seeds*. Tillgänglig: <http://www.swseed.com/Products/Oil-seeds1/> [2015-04-03].
- Syngenta (2015a). *Om Syngenta*. Tillgänglig: <http://www3.syngenta.com/country/se/sv/om-syngenta/Pages/omsyngenta.aspx> [2015-05-06].
- Syngenta (2015b). *Company History*. Tillgänglig: <http://www.syngenta.com/global/corporate/en/about-syngenta/Pages/company-history.aspx> [2015-05-06].
- Syngenta (2015c). *Oilseeds and Sugar beet*. Tillgänglig: <http://www.syngenta.com/global/corporate/en/products-and-innovation/key-crops/Pages/oilseeds-and-sugar-beet.aspx> [2015-05-06].
- Syngenta (2015d). *SY Alister – Klumprotresistent hybrid med hög avkastningsförmåga*. Tillgänglig: <http://www3.syngenta.com/country/se/sv/Utsade/raps/Pages/Sy-Alister.aspx> [2015-05-06].
- Syngenta (2015e). *SY Carlo – Sveriges högst avkastande marknadssort 2014*. Tillgänglig: <http://www3.syngenta.com/country/se/sv/Utsade/raps/Pages/SY-Carlo.aspx> [2015-05-06].
- Thorell, H. (2004). Monsanto är även ett rapsförädlingsföretag. *Svensk Frötidning* [Elektronisk], (3), ss. 12-13. Tillgänglig: <http://svenskraps.se/kunskap/pdf/00329.pdf> [2015-05-06].
- Turesson, S. *Markörteknik för effektivare resistensförädling i vete, korn och raps – sunda växter* [Elektronisk]. Svalöf: Svalöf Weibull AB. Tillgänglig:

<http://proj.formas.se/detail.asp?arendeid=15051> [2015-05-12].

Wallenhammar, A.-C. (2012). Konsten att hantera klumprotsjuka. *Svensk Frötidning* [Elektronisk], (3), ss. 11-14. Tillgänglig: <http://www.svenskraps.se/kunskap/pdf/01494.pdf> [2015-05-06].

Wallenhammar, A.-C. (red.) (2014). *Klumprotsjuka – ett permanent hot i svensk oljeväxtodling* [Elektronisk]. Uddevalla 10 januari. Tillgänglig: <http://www.slu.se/PageFiles/327926/Ann-Charlotte%20Wallenhammar.pdf> [2015-05-06].

Wikipedia (2015-02-15). *Lantmännen SW Seed*.

Tillgänglig: http://sv.wikipedia.org/wiki/Lantm%C3%A4nnen_SW_Seed [2015-04-03].

Wikström, L. (2014). Klumprotsjukan – ett snabbt växande problem. *Lantbrukets affärer* [Elektronisk]. Tillgänglig:

<http://www.lantbruketsaffarer.se/S%C3%B6kartikel/tabid/1312/ItemId/1048/View/Details/AMID/3131/Default.aspx> [2015-04-03].

Worthington, B. (2014). Scientists tackling devastating canola disease. *ABC Rural*, 15 juli.

Tillgänglig: <http://www.abc.net.au/news/2014-07-15/canola-blackleg-research/5597014> [2015-05-10].